



Klimaeffekter af skovrejsning på Naturstyrelsens arealer

Sagsnotat

Johannsen, Vivian Kvist

Publication date:
2019

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Johannsen, V. K., (2019). *Klimaeffekter af skovrejsning på Naturstyrelsens arealer: Sagsnotat*, 9 s.

Naturstyrelsen og Miljø- og Fødevareministeriet
Mads Jensen, Bjørn Ole Ejlersen og Mogens Krog



SAGSNOTAT

12. SEPTEMBER 2019

Vedr. Klimaeffekter af skovrejsning på Naturstyrelsens arealer

SKOV, NATUR OG BIOMASSE

Sagsbehandler Vivian Kvist Johannsen

ROLIGHEDSVEJ 23

Kvalitetssikring Inge Stupak Møller

1958 FREDERIKSBERG C

Problemstilling

Der er igennem mange år blevet foretaget statslig skovrejsning, herunder en del arealer i tilknytning til eksisterende skove, som nye bynære skove og ved udvidelse af arealet under den nuværende Naturstyrelse.

DIR 35331699

MOB 20300969

vkj@ign.ku.dk

Det er ønsket at kende kulstofpuljerne på de arealer, der indgår i den statslige skovrejsning, herunder fordelingen efter aldersklasser og driftsklasser.

REF: VKJ

Baggrund

Naturstyrelsen har identificeret en liste med bevoksninger og tilhørende kort med polygoner over arealer, der indgår i skovrejsning. Dele af arealerne indeholder også ældre bevoksninger som sammen med skovrejsningen indgår på Naturstyrelsens samlede nye skovareal.

www.ign.ku.dk

Naturstyrelsen har bedt Københavns Universitet om en vurdering kulstofpuljerne i skovrejsningsarealerne.

Grundlag

- Naturstyrelsens bevoksningskort og bevoksningsregister (NST 2018)
- Beregningsmetoder for opgørelser af skoves klimaeffekter jf. IPCCs Guidelines (IPCC 2006, 2007, 2014).
- Forest resource map of Denmark: Mapping of Danish forest resource using ALS from 2014-2015 (Nord-Larsen et al. 2017).

Metode

SIDE 2 AF 9

Som reference er foretaget en beregning af stående volumen, højder og biomasse baseret på den Lidar baserede kortlægning af de danske skove (Nord-Larsen et al. 2017). Dette er sammenholdt med Naturstyrelsens registerdata for arealerne.

Alle drivhusgasudledningerne er omregnet til samme enhed, CO₂ ækvivalenter (CO₂ eq.), idet en given C vægt kan omregnes til CO₂ vægt ved at gange med $44/12 \approx 3,66667$, som er vægt forholdet mellem et C molekyle og et CO₂ molekyle.

Resultat

Vurderingen omfatter de samme fem drivhusgaspuljer, som er indeholdt i Danmarks rapportering til bl.a. UNFCCC og Kyoto-protokollen : 1) levende overjordisk og 2) underjordisk biomasse, 3) dødt ved, 4) skovbundens lag af omsatte og ikke omsatte blade, nåle og grene (litter) og 5) mineraljorden samt effekter af dræning og ophør af dræning på jorden.

Arealet der er analyseret udgør samlet 13.500 ha svarende til ca. 2 % af det samlede skovareal i Danmark. Volumen og biomasse udgør samlet under 1 % af den samlede volumen i de danske skove.

Usikkerheder

Usikkerhederne i analysen er knyttet til en række faktorer bl.a.:

- 1) Lidar kortlægningen af de danske skove giver mulighed for mere præcise informationer når trætypen kendes, løv/nål/blandet. Hovedtræart som angivet i Naturstyrelsens register data er anvendt som grundlag for valg af kortlag, idet vedmasse på arealer klassificeret som 'Ubevoksede' er antaget at være blandet løv og nål. Der er usikkerheder på opgørelserne, som er uddybet i bilag 1 under Datagrundlag.
- 2) Af de 13.500 ha er aldersklassen for 4.873 ha angivet til at være før 1970, hvoraf 3.337 ha er angivet at være ubevoksede, ca. 1.000 ha er løv og ca. 500 ha er nål.
- 3) Udtag af biomasse fra skoven til kævler, tømmer og bioenergi varierer med træart, dimensioner, høst-teknologi samt muligheder for afsætning og dette udtag er ikke inddraget.

De nævnte usikkerheder vil kunne påvirke resultatet. Den givne tidsramme har ikke givet mulighed for at udarbejde en egentlig følsomhedsanalyse.

I Bilag 1 er der en uddybet gennemgang af de forskellige elementer i beregningerne.

Overblik

SIDE 3 AF 9

Samlet set har skovrejsning af 13.500 ha, hvoraf de 8.090 ha er sket efter 1990, ført til en aktuel kulstofpulje på 668 kt CO₂ eq. stående i skoven. I dette er ikke medtaget evt. tidlige hugster på skovrejsningsarealerne og ændringer i jordens kulstofpulje som følge af skovrejsningen er heller ikke indregnet.

Der er følgende elementer, der er værd at bemærke om skovrejsningen, med grundlag i de data og beregninger der er beskrevet i Bilag 1 og de tilhørende regneark:

- 1) Træartsfordelingen fremgår af tabellen nedenfor. Det bemærkes at arealet skovrejsningen efter 1990 udgøres af 60 % løv, 11 % nål og 29 % ubevoksede arealer. For skovarealet som helhed udgør rene løvtræ bevoksninger 43 % af arealet og rene nåletræ bevoksninger 38 %. Der er således en højere andel løvtræer og ubevoksede arealer i den statslige skovrejsning end i skovarealet som helhed.

Driftsklasse	Arealer total	Arealer før 1990	Arealer efter 1990	Pct.
	ha	ha	ha	%
Løv	6.138	1.300	4.837	60
Nål	1.649	721	928	11
Ubevokset	5.681	3.357	2.324	29
Total	13.468	5.378	8.090	100

- 2) Kulstoflager, uden indregning af kulstofpuljen i jordbunden, fremgår af tabellen nedenfor. Det bemærkes at kulstofpuljen for skovrejsning efter 1990 udgør 668 kt CO₂ eq, eller svarende til ca. 0,5 % af de danske skoves samlede kulstofpulje. Kulstoflager i de ubevoksede arealer kun udgør 5 % af den samlede pulje, mens løv igen udgør den største samlede pulje. I forhold til kulstoflager pr ha, så har arealer med løvtræer 102 t CO₂ eq /ha i gennemsnit mens arealer med nåletræer har 152 t CO₂ eq /ha. Til sammenligning har det danske skovareal i gennemsnit 238 t CO₂ eq /ha og samlet 148,2 mio. t CO₂ eq (Nord-Larsen et al. 2019).

Driftsklasse	Kulstof ex. jord total	Kulstof ex. jord før 1990	Kulstof ex. jord efter 1990	Pct.	Kulstof ex jord pr areal
	kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq	%	T CO ₂ eq /ha
Løv	951	459	492	74	102
Nål	369	227	141	21	152
Ubevokset	135	100	35	5	15
Total	1.454	787	668	1	

- 3) Kulstofpuljen i jorden øges langsomt ved skovrejsning. Ved skovrejsning på landbrugsjord er kulstofpuljen i gennemsnit 121 t C/ha i den øverste 1 m. Når skoven er kommet i ligevægt, forventes kulstofpuljen at være 142 t C/ha i den øverste 1 m. Stigningen i jordens kulstofpulje forventes at forløbe over 100 år, dvs. et gennemsnit på 0,21 kt C/år/ha eller 0,77 t CO₂ eq /år/ha. I de første genmålinger efter skovrejsning af kulstofpuljen i skovrejsningsjorde, har der i de første 10 år ikke kunnet måles signifikante ændringer.
- 4) Effekten på udledning af kulstof fra jorde som følge af dræning og jordbearbejdning reduceres ved skovrejsning. Udledning fra drænedes organiske jorde vil være på samme niveau som før skovrejsning med mindre grøfter og/eller dræn lukkes. Dette vil også reducere udledning af lattergas fra samme arealer. Ved genetablering af naturlig hydrologi vil der særligt ved organiske jorde komme en øget udledning af metan. Skovrejsningen generelt har haft en andel af organiske jorde på 11 % mens skovarealet som helhed har 5 % organiske jorde. Der er ikke lavet en særlig jordbundsanalyse af arealerne omfattet af Naturstyrelsens skovrejsningsarealer.
- 5) Skovrejsningen på Naturstyrelsens arealer har et niveau, der er sammenligneligt med resten af skovarealet. Den gennemsnitlige kulstofpulje for levende biomasse (over jorden) for bevoksninger anlagt efter 1990 (8.090 ha) er 83 t CO₂ eq /ha og 110 t CO₂ eq /ha, når de ubevoksede arealer ikke medregnes. Dette kan sammenlignes med resultater fra Nord-Larsen et al. (2019), hvor gennemsnittet for hele skovarealet er 238 t CO₂ eq /ha, mens det for skovrejsningen efter 1990 generelt er under 70 t CO₂ eq /ha (Nielsen et al. 2018). Gennemsnit for kulstofpulje i den statslige skovrejsning (83 t CO₂ eq /ha) er således på linje eller lidt over den samlede landsdækkende skovrejsning siden 1990 på ca. 80.000 ha bevoksede arealer. Det skal bemærkes at gennemsnitlig mængde kulstof pr ha påvirkes meget kraftigt af alderssammensætningen, hvorfor en del af forskellen kan tilskrives forskellig fordeling til aldersklasser. Således er der i Johannsen et al. (2019) angivet udviklingen for forskellige typer af skovrejsning. Med NFI'en som reference (Johannsen et al. 2019, Tabel 7, Reference I – NFI) forventes skovrejsning at have en stigende kulstofpulje i skoven, som efter 20 år er 118 t CO₂ eq /ha, hvoraf hovedparten er i de stående levende træer. En sådan skovrejsning forventes at binde 12 t CO₂ eq /år/ha over 100 år, for bevoksede arealer. Skovarealet i Danmarks som helhed har en kulstofbinding på 9 t CO₂ eq /år/ha.

Referencer

SIDE 5 AF 9

- IPCC (2006): IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- IPCC (2007): Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.) IPCC, Geneva, Switzerland. pp 104
https://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm
- IPCC (2014): 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds) Published: IPCC, Switzerland.
https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/kpsg/pdf/KP_Supplement_Entire_Report.pdf
- Johannsen, V. K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L., & Bentsen, N. S., (2019). Kulstofbinding ved skovrejsning: Sagsnotat, 26 s. https://static-curis.ku.dk/portal/files/225664165/Sagsnotat_kulstof_skovrejsning_2019_0724.pdf
- Nord-Larsen, T, Johannsen, VK, Riis-Nielsen, T, Thomsen, IM, Scott Bentsen, N, Gundersen, P og Jørgensen, BB (2019): Skove og plantager 2017, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet, Frederiksberg. 106 s. ill.
- Nord-Larsen, T., Riis-Nielsen, T., & Ottosen, M. B. (2017). Forest resource map of Denmark: Mapping of Danish forest resource using ALS from 2014-2015. Department of Geosciences and Natural Resource Management, University of Copenhagen. IGN Report.
- Schumacher, J, & Nord-Larsen, T (2014): Wall-to-wall tree type classification using airborne Lidar data and CIR images. International Journal of Remote Sensing, 35(9), 3057-3073.
<https://doi.org/10.1080/01431161.2014.894670>
- Nielsen, O-K, Plejdrup, MS, Winther, M, Nielsen, M, Gyldenkerne, S, Mikkelsen, MH, Albrechtsen, R, Thomsen, M, Hjelgaard, K, Fauser, P, Bruun, HG, Johannsen, VK, Nord-Larsen, T, Vesterdal, L, Callesen, I, Caspersen, OH, Rasmussen, E, Petersen, SB, Baunbæk, L & Hansen, MG (2018). Denmark's National Inventory Report 2018. Emission Inventories 1990-2016 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Aarhus University, DCE –Danish Centre for Environment and Energy 851 pp. Scientific Report from DCE –Danish Centre for Environment and Energy No. 272. <http://dce2.au.dk/pub/SR272.pdf>

Bilag 1 Uddybende beskrivelse af beregningerne

SIDE 6 AF 9

Nedenstående er en kort teknisk beskrivelse af beregningerne, som kan ses i sammenhæng med de regneark, der indeholder data såvel som sammenstillinger.

Datagrundlag

Naturstyrelsen har stillet GIS-lag til rådighed, der angiver afgrænsning og type af skovrejsning. Samtidig er der stillet GIS lag samt dataregister (bevoksningsliste) til rådighed for Naturstyrelsens arealer med information om anvendelse og aktuel tilstand.

Der er medtaget de fulde polygoner inkl. ældre bevoksninger.

Kortlægningsdata fra Lidar kortlægninger (Nord-Larsen et al 2017) er brugt til opgørelse af aktuel volumen, bevoksningshøjde og biomasse.

Beregning af kulstofpuljer for dødt ved, litterlag og skovjorde følger gennemsnitstal for det samlede danske areal med skovrejsning, hvor der kun er registreret 0,14 t C/ha i NFI 2010-2014 for dødt ved og 4,64 t C/ha for litterlaget i samme måleperiode for skovarealer efter 1990.

Muligheder for udbygning:

Gentagen kortlægning med Lidar, herunder sammenligning med status i 2007 (baseret på Schumacher & Nord-Larsen 2014) kunne bidrage væsentligt til at dokumentere udviklingen i skovenes biomasse over tid. NFI stikprøven for skovrejsning er lille på Naturstyrelsens arealer og en særskilt opgørelse af puljerne for dødt ved og litterlag ville være behæftet med betydelig usikkerhed.

En særlig analyse af jordbund og dræningsforhold før og efter skovrejsning kunne bidrage til en egentlig analyse af forhold for klimagas optag og udledninger fra jorden. Datagrundlaget vil dog være spinkelt.

Modelgrundlag

Der er anvendt standardomregning af biomasse til kulstof, med 0,5 t C/ton biomasse.

Der er ikke beregnet tilvækst for arealerne og dermed heller ikke prognose for udviklingen fremover.

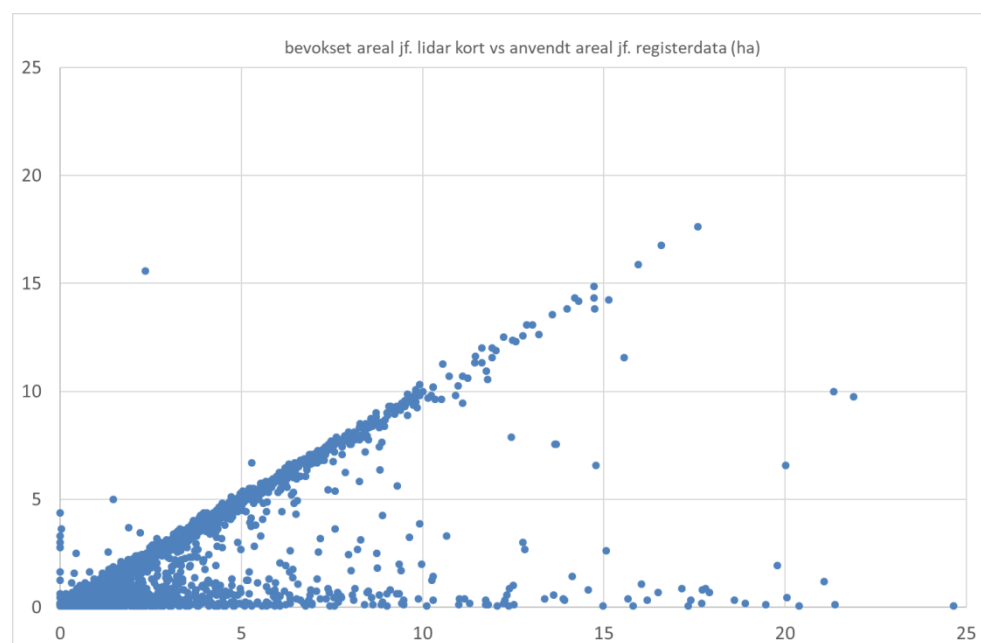
Muligheder for udbygning:

Gentagen kortlægning med Lidar (tilbage i tid såvel som fremad) vil kunne give grundlag for at følge udviklingen i højde og biomassetilvækst.

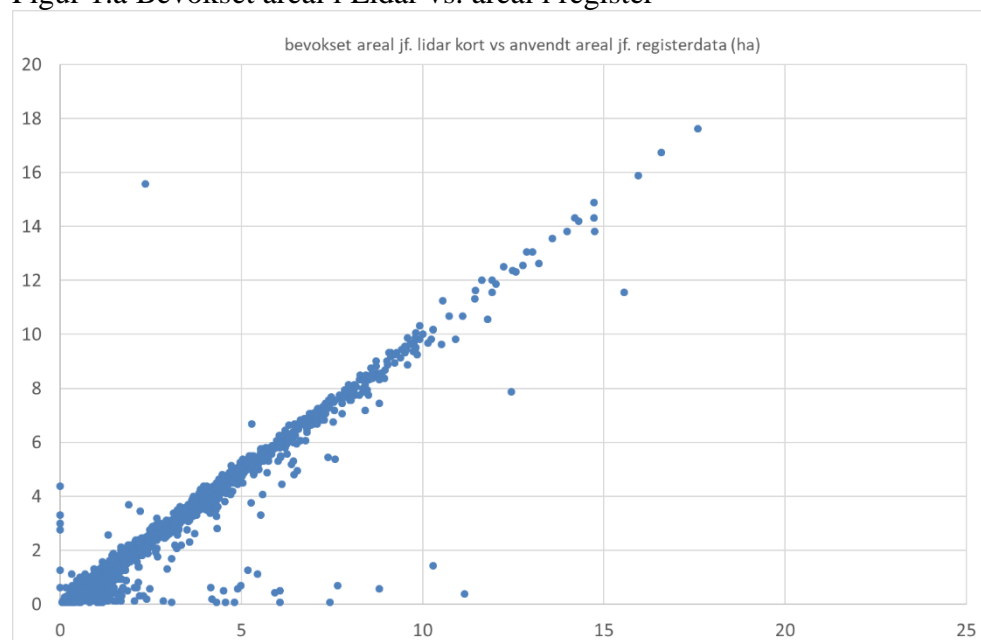
Der er ikke medtaget hugstubbytter i vurderingen af skovrejsningen, idet der udelukkende er set på den aktuelle kulstofpulje. Der er flere af arealerne, der allerede vil have bidraget med vedmasseudtag, men der er ikke datagrundlag for at opgøre dette i denne analyse.

Detaljerede tabeller

Sammenligning Naturstyrelsens data og data fra Lidar baseret kortlægning



Figur 1.a Bevokset areal i Lidar vs. areal i register



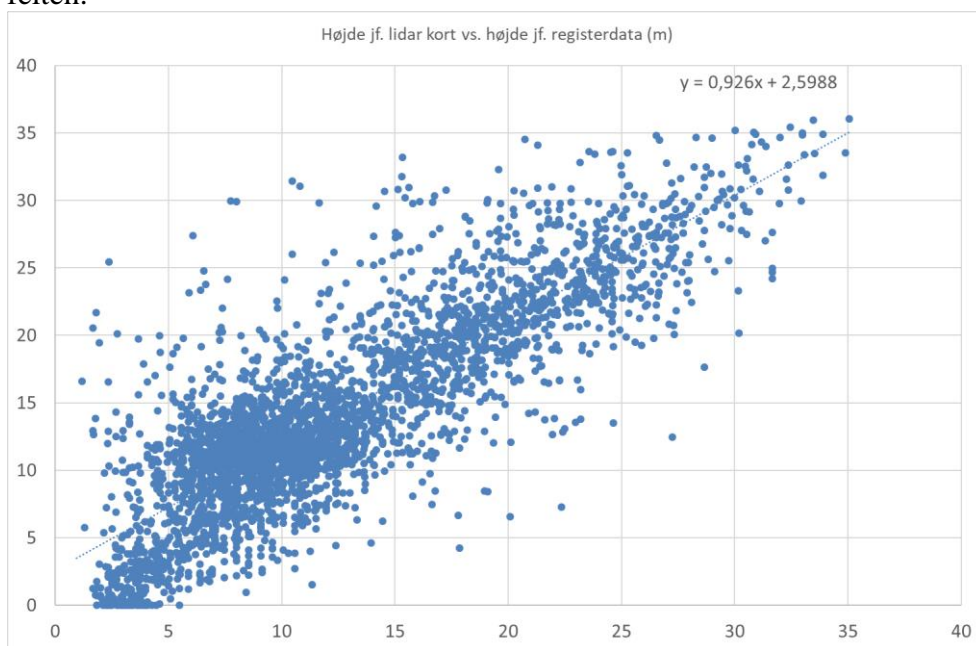
Figur 1.b Bevokset areal i Lidar vs. Areal i register excl. ubevoksede arealer

Det skal bemærkes at ikke alle arealer er 100 % bevoksede og derfor vil det Lidar baserede areal i nogle tilfælde være lavere end det areal, der er angivet

i registeret. Dette kan tydelig ses i figur 1.b hvor alle arealer kategoriseret som ubevoksede i registerdata er fjernet fra figuren.

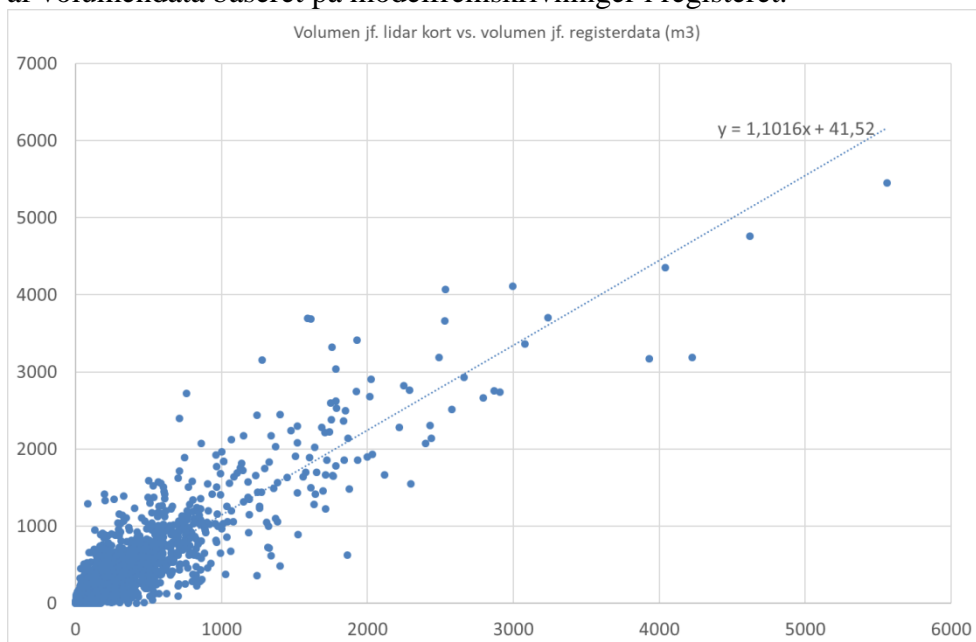
SIDE 8 AF 9

Der er naturligvis en vis variation imellem disse to registreringer, men generelt er der god overensstemmelse. Det skal dertil bemærkes, at en del af registerdata er baseret på modelfremskrivninger frem for direkte målinger i felten.



Figur 2 Kronehøjde fra Lidar vs. registerdata for højde

Der er en rimelig sammenhæng de to datakilder. Som for højdedata er en del af volumendata baseret på modelfremskrivninger i registeret.



Figur 3 - Volumen fra Lidar vs. Total volumen fra registerdata

Data for driftsklasser og aldersklasser.

Bemærk at enheden for kulstoflager (stående træer på arealerne) her op opgjort i kt CO₂ eq. (k=1000)

	Rækkenavne	1 Bøg	2 Eg	3 Ask og ær	4 Andet løvtræ	5 Picea-arter	6 Ædelgran	7 Bjergfyr	8 Andet nåletræ	9 Ubevokset	Hovedtotal
1970	Areal (ha)	342	403	116	134	233	145	2	162	3.337	4.873
	Lidar areal (ha)	338	398	114	127	232	145	1	162	766	2.283
	Kulstoflager (AG+BG+DW+FF) (kt C)	167	142	40	39	79	50	0	54	99	670
1980	Areal (ha)	94	146	17	49	99	44		37	20	505
	Lidar areal (ha)	91	143	14	47	97	43		36	8	479
	Kulstoflager (AG+BG+DW+FF) (kt C)	25	31	4	10	26	10	-	10	1	116
1990	Areal (ha)	736	1.229	131	227	238	226		203	88	3.079
	Lidar areal (ha)	714	1.190	122	203	235	221		196	25	2.906
	Kulstoflager (AG+BG+DW+FF) (kt C)	132	169	17	28	57	25	-	40	2	471
2000	Areal (ha)	523	672	85	235	35	15		106	643	2.313
	Lidar areal (ha)	457	563	67	174	31	14		98	147	1.549
	Kulstoflager (AG+BG+DW+FF) (kt C)	60	46	6	15	4	1	-	12	12	156
2010	Areal (ha)	393	469	15	122	37	43		26	1.594	2.698
	Lidar areal (ha)	300	304	9	61	31	10		15	337	1.068
	Kulstoflager (AG+BG+DW+FF) (kt C)	9	8	0	2	1	0	-	0	20	41
Total	Areal (ha)	2.088	2.920	363	767	642	472	2	533	5.681	13.468
	Lidar areal (ha)	1.898	2.599	326	612	626	434	1	506	1.283	8.285
	Kulstoflager (AG+BG+DW+FF) (kt C)	394	396	67	93	166	86	0	117	135	1.454